

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы бакалавриата
по направлению подготовки
02.03.02 Фундаментальная информатика и
информационные технологии,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Квантовая теория поля

Направление подготовки: 02.03.02 Фундаментальная информатика и
информационные технологии

Направленность (профиль): Квантовые вычислительные системы и сети

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 1178210
Подписал: заведующий кафедрой Быков Никита Валерьевич
Дата: 24.10.2024

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) «Квантовая теория поля» являются:

- формирование компетенций в области теории поля, стохастического анализа полей и анализа когерентных состояний.

- формирование навыков анализа квантованных полей.

Задачами дисциплины (модуля) «Квантовая теория поля» являются:

- изучение основных закономерностей классической теории поля и стохастической оптики;

- изучение теории квантованных полей;

- изучение теории когерентных состояний поля;

- изучение основных методов анализа квантованных полей, механизмов вторичного квантования, диаграммной техники, интегралов по траекториям и теории фазовых переходов 2 рода.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ОПК-1 - Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности;

ПК-1 - Способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- основные отличия классической теории поля от квантовой теории поля;

- теорию лагранжева и гамильтонова формализма в теории поля;

- основные положения стохастической оптики, интерференции и теории когерентности;

- основные положения квантовой теории поля, теории лазеров, элементы фейнмановской диаграммной техники;

- основные понятия, закономерности и законы в области физики квантовых вычислений.

Уметь:

- определять вид лагранжиана и гамильтониана в различных моделях полей; анализировать явления когерентности в различных ситуациях;
- пользоваться операторами рождения и уничтожения;
- вычислять корреляционные функции;
- использовать профессиональные знания для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых вычислений.

Владеть:

- основными методами анализа квантованных полей;
- методами построения корреляционных функций;
- методами анализа когерентных состояний;
- диаграммной техникой;
- навыками применения методов анализа и синтеза физической информации для решения профессиональных задач.

3. Объем дисциплины (модуля).**3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

| Тип учебных занятий | Количество часов | |
|---|------------------|------------|
| | Всего | Семестр №3 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 48 | 48 |
| В том числе: | | |
| Занятия лекционного типа | 32 | 32 |
| Занятия семинарского типа | 16 | 16 |

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 96 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован

полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|----------|---|
| 1 | <p>Элементы классической теории поля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - лагранжев и гамильтонов формализм; - каноническое квантование; - законы сохранения и симметрии. |
| 2 | <p>Флуктуации классического поля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - флуктуация электромагнитного поля; - феноменологическая теория фотоотчетов; - процесс Пуассона; - усреднение распределения Пуассона по величине, попавшей в детектор энергии; - формула Мандела. |
| 3 | <p>Стохастическая оптика</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - корреляционная функция классического сигнала; - спектральная плотность мощности; - теорема Винера-Хинчина. |
| 4 | <p>Когерентность для классического поля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - опыт Юнга; - функция взаимной когерентности; - теорема ван Ситтера-Цернике. |
| 5 | <p>Интерференция для классического поля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - интерферометр Майкельсона, интерферометр Маха-Цендера; - поперечная длина когерентности; - схема Брауна-Твисса. |
| 6 | <p>Квантованное поле</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - гармонические полевые моды, их конфигурации в разложении напряженности поля; - переход к оператору напряженности поля; - операторы рождения и уничтожения фотонов; - гамильтониан свободного поля; - каноническое квантование. |
| 7 | <p>Фононы</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - тождественность частиц и симметризация волновой функции; - вторичное квантование; |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|----------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - микроскопическая и макроскопическая модели; - деформационный потенциал; - электрон-фононное взаимодействие. |
| 8 | <p>Глауберовская теория атомного детектора</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пример детектора с двумя атомами; - корреляционные функции квантованного поля; - нормированная функция когерентности. |
| 9 | <p>Когерентные состояния квантованного поля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - свойства состояния, собственного для положительной частотной части оператора напряженности поля; - когерентное состояние как собственное для оператора уничтожения фотонов; - коэффициенты разложения когерентных состояний по базису Фока. |
| 10 | <p>Анализ когерентных состояний</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - полнота множества когерентных состояний; - глауберовское представление матрицы плотности; - характеристические функции квантованного состояния моды. |
| 11 | <p>Нерелятивистский лазер</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - инверсия заселенностей; - двухуровневая модель; - трехуровневая модель; - когерентность излучения. |
| 12 | <p>«Скоростная» модель лазера</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - порог генерации; - уравнение Фоккера-Планка; - случаи стационарных состояний выше и ниже порога генерации; - приближенное решение для корреляционных функций амплитуды и интенсивности; - сужение линии генерации и замедление флуктуаций интенсивности близи порога генерации. |
| 13 | <p>Модель Джейнса-Каммингса</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - гамильтониан двухуровневого атома в дипольном резонансном приближении; - энергии «одетых» состояний; - осцилляции Раби. |
| 14 | <p>Диаграммная техника</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - функция Грина; - двухточечные корреляционные функции; - фейнмановский пропагатор; - теория возмущений. |
| 15 | <p>Интеграл по траекториям</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вычисление средних по основному состоянию; - функциональный интеграл для квантовой теории поля; - функция Грина свободного поля; - теория возмущений. |
| 16 | <p>Флуктуационная теория фазовых переходов 2 рода</p> |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|-------|--|
| | Рассматриваемые вопросы: - фазовые переходы 2 рода; - модель Изинга; - теория Ландау. |

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

| № п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание |
|-------|--|
| 1 | Основы классической теории поля В результате выполнения практического задания студент получает навыки составления лагранжиана и гамильтониана для классических полей, осваивает основные методы анализа флуктуаций классических полей. |
| 2 | Когерентность в классических полях В результате выполнения практического задания студент получает умение решения задач интерференции, определения длины когерентности, построение корреляционных функций сигналов. |
| 3 | Функционалы и вариации В результате выполнения практического задания студент получает навык работы с функционалами, решения задач вариационного исчисления. |
| 4 | Квантованное поле и фононы В результате выполнения практического задания студент получает навык работы с квантованными полями, операторами рождения и уничтожения. |
| 5 | Когерентность в квантовой теории поля В результате выполнения практического задания студент получает навык решения задач определения основных свойств когерентных состояний в квантовой теории поля. |
| 6 | Лазеры В результате выполнения практического задания студент получает навык решения задач в рамках нерелятивистской и «скоростной» моделей лазера. |
| 7 | Диаграммная техника В результате выполнения практического задания студент получает навык решения задач методом фейнмановской диаграммной техники. |
| 8 | Интегралы по траекториям В результате выполнения практического задания студент получает навык вычисления средних по состояниям, использование теории возмущений. |

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| № п/п | Вид самостоятельной работы |
|-------|--|
| 1 | Подготовка к практическим занятиям. |
| 2 | Работа с лекционным материалом. |
| 3 | Работа с литературой. |
| 4 | Подготовка к промежуточной аттестации. |
| 5 | Подготовка к текущему контролю. |

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

| № п/п | Библиографическое описание | Место доступа |
|-------|---|---|
| 1 | Основы квантовой информации: учеб. пособие для студ. спец. Системы обеспечения движения поездов / Л. М. Журавлева, О. Е. Журавлев; МИИТ. Каф. Автоматика, телемеханика и связь на ж.-д. транспорте. - М.: РУТ (МИИТ), 2018. | https://library.miit.ru/bookscatalog/metod/DC-811.pdf |
| 2 | Сальников, А. Н. Физика. Основные принципы : учебник для вузов / А. Н. Сальников. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 408 с. — ISBN 978-5-8114-8300-6. | https://e.lanbook.com/book/193329 |

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки РУТ (МИИТ): <http://library.miit.ru>

Электронно-библиотечная система ЛАНЬ (<https://e.lanbook.com/>).

Образовательная платформа Юрайт (<https://urait.ru/>).

Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru);

Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (<http://window.edu.ru>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Windows

Microsoft Office

Интернет-браузер (Yandex и др.)

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебная аудитория для проведения учебных занятий (занятий лекционного типа, практических занятий):

- мультимедийное оборудование, компьютер преподавателя.

Аудитория подключена к сети.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 3 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

заведующий кафедрой, доцент, д.н.
кафедры «Физика»

Н.В. Быков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ

Б.В. Желенков

Заведующий кафедрой Физика

Н.В. Быков

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова